



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006128685/28, 07.08.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.08.2006

(45) Опубликовано: 20.11.2007 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1836643 A3, 23.08.1993. RU 2124035 C1, 27.12.1998. US 5354997 A, 11.10.1994. US 6087666 A, 11.07.2000. US 4806757 A, 21.02.1989. К. ПОЖЕЛА и др. "Стимулирование люминесценции варизонных полупроводников Al Ga As", в научно-техническом издании "Физика и техника полупроводников", 2000, том 34, вып.11 (подписана к печати 17.05.2000).

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, ГОУ ВПО  
УГТУ-УПИ, Центр интеллектуальной  
собственности, Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Мильман Игорь Игоревич (RU),  
Никифоров Сергей Владимирович (RU),  
Моисейкин Евгений Витальевич (RU),  
Ревков Иван Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

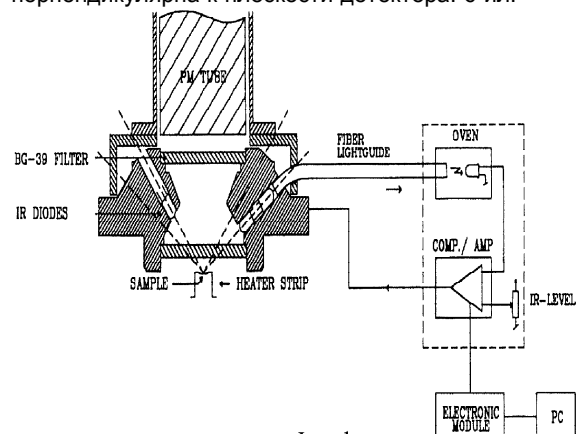
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Уральский государственный технический  
университет - УПИ" (RU)

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА ОПТИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к устройствам для измерения дозиметрического сигнала в оптически стимулированной люминесцентной дозиметрии ионизирующих излучений и может быть использовано для повышения надежности, точности и достоверности метода и проводимых с его помощью измерений. Задачей изобретения является упрощение конструкции устройства для измерения сигнала оптически стимулированной люминесценции, повышение точности, надежности и достоверности измерений доз за счет увеличения эффективности регистрации оптически стимулированной люминесценции. Устройство для измерения дозиметрического сигнала оптически стимулированной люминесценции включает в себя светонепроницаемый корпус с расположенными в нем источником оптической стимуляции, детектором ионизирующих излучений, разделительным оптическим фильтром и фотоприемником, при этом детектор ионизирующих

излучений расположен между источником оптической стимуляции и разделительным оптическим фильтром на расстоянии 1-2 мм от их поверхностей, а источник оптической стимуляции выполнен в виде светоизлучающего диода с призмой Френеля, оптическая ось которой перпендикулярна к плоскости детектора. 6 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2006128685/28, 07.08.2006**

(24) Effective date for property rights: **07.08.2006**

(45) Date of publication: **20.11.2007 Bull. 32**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, GOU VPO  
UGTU-UPI, Tsentr intellektual'noj  
sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Mil'man Igor' Igorevich (RU),  
Nikiforov Sergej Vladimirovich (RU),  
Moisejkin Evgenij Vital'evich (RU),  
Revkov Ivan Grigor'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovaniya  
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet - UPI" (RU)**

## (54) DEVICE FOR MEASURING DOSIMETRIC SIGNAL OF OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE

(57) Abstract:

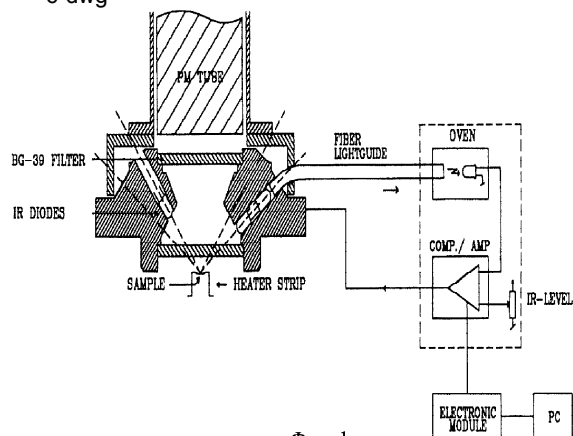
FIELD: engineering of devices for measuring dosimetric signal in optically stimulated luminescent dosimetry of ionizing radiations, possible use for increased reliability, precision and trustworthiness of method and measurements performed during its use.

SUBSTANCE: device for measuring dosimetric signal of optically stimulated luminescence includes a light-impenetrable body which contains source of optical stimulation, detector of ionizing radiations, separating optical filter and photo-detector, where detector of ionizing radiations is positioned between source of optical stimulation and dividing optical filter at a distance of 1-2 millimeters from their surfaces, and the source of optical stimulation is made in form of light-emitting diode with Fresnel prism, optical axis of which is perpendicular to detector plane.

EFFECT: simplified structure of device for

measuring signal of optically stimulated luminescence, increased precision, increased reliability, increased trustworthiness of dose measurements due to increased efficiency of registration of optically stimulated luminescence.

6 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к устройствам для измерения дозиметрического сигнала в оптически стимулированной люминесцентной дозиметрии (ОСЛД) ионизирующих излучений и может быть использовано для повышения надежности, точности и достоверности метода и проводимых с его помощью измерений.

5 В последние годы оптически стимулированная люминесценция (ОСЛ) становится все более популярным методом регистрации ионизирующих излучений, а ее физические и аппаратные аспекты активно развиваются в ведущих дозиметрических лабораториях мира (L. Botter-Jensen, S.W.S. McKeever A.G.Wintle. Optically Stimulated Luminescence Dosimetry. Elsevier Science B. V.355 - P, (2003); N.J.M. Le Masson. Development of  
10 Optically Stimulated Luminescent materials for personal fast neutron dosimetry. Delft University Press. 168 - P, (2003); T.Hashimoto, T.Nakagawa, D-G. Hong and M.Takano. An Automated Sistem for Red/Blue Thermoluminescence and Optically Stimulated Luminescence Measurement. Journ. of Nuclear Science and Tecnology, Vol.39, №1. pp.108-109 (2002).

15 В качестве основных преимуществ ОСЛ-дозиметрии, при сравнении ее с традиционной термолюминесцентной (ТЛ), считают отсутствие необходимости нагрева детекторов и связанных с ним проблем: обеспечение разнообразных и воспроизводимых законов изменения температуры, термическое тушение люминесценции, приводящее к зависимости выхода ТЛ от скорости нагрева, тепловое излучение нагретых элементов блока  
20 детектирования.

В основе метода ОСЛ-дозиметрии лежит оптическая ионизация уровней захвата носителей заряда, заполненных при облучении ионизирующей радиацией, и регистрация люминесценции, обусловленной рекомбинацией освобожденных носителей на центрах люминесценции. Выход ОСЛ оказывается пропорциональным поглощенной дозе  
25 излучения, интенсивности и длине волны стимулирующего света.

Таким образом, устройство для измерения дозиметрического сигнала ОСЛ состоит из нескольких узлов, обеспечивающих выполнение следующих функций:

1. Формирование непрерывного или импульсного светового потока на поверхности облученного ионизирующим излучением детектора с максимальной интенсивностью и  
30 оптимальной для каждого типа детектора длиной волны.
2. Отделение сигнала ОСЛ от стимулирующего света.
3. Регистрация сигнала ОСЛ.

В известных конструкциях устройств для измерений ОСЛ в качестве источников возбуждающего света используются лампы накаливания, галогенные лампы, ксеноновые  
35 или ртутные лампы, лазеры, светоизлучающие диоды синего или инфракрасного диапазонов длин волн. Для транспорта стимулирующего излучения к поверхности детектора используются оптические объективы или световоды.

Отделение сигнала ОСЛ от возбуждающего света производят с помощью селективных оптических фильтров или временной селекции с применением импульсного возбуждения,  
40 при котором сигнал ОСЛ регистрируется во временных интервалах между возбуждающими импульсами света (McKeever et. al. USA Patent №5892234. Apr. 6, 1999). В качестве приемника сигнала ОСЛ используют фотоэлектронные умножители (ФЭУ).

Из уровня техники известны конструкции устройств, предназначенных для измерений ОСЛ, обобщенные в литературных источниках, приведенных выше.

45 На фиг.1 и 2 приведены типичные конструкции устройств для измерения ОСЛ. Как видно из этих фиг., устройства представляют собой светонепроницаемый корпус, внутри которого размещены фотоприемник (как правило, фотоэлектронный умножитель) для регистрации сигнала люминесценции, оптический фильтр, отделяющий сигнал люминесценции от стимулирующего света, линза, фокусирующая люминесцентное  
50 излучение на фотокатод ФЭУ, держатель детектора. Источник стимулирующего света располагается вне корпуса устройства, а транспорт и фокусировка стимулирующего излучения на поверхности детектора осуществляется с помощью световода (фиг.1) или оптического объектива (фиг.2).

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату следует считать устройство блока измерения ОСЛ, схематически изображенное на фиг.3 (S.Y.Lee, K.J.Lee. Development of a Personal Dosimetry System Based on Optically Stimulated Luminescence of  $\alpha$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$  for Mixed Radiation Fields. Applied Radiation and Isotopes. 54 (2001),

pp.675-685), которое и выбрано в качестве прототипа. В этом устройстве в качестве детектора ионизирующих излучений используется анион - дефектный корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$  (разработан в России и известен в иностранной и отечественной литературе как ТЛД - 500К), для регистрации ОСЛ применяется ФЭУ с двухщелочным фотокатодом, перед входным окном которого помещался селективный оптический фильтр для выделения сигнала ОСЛ с длиной волны в максимуме 420 нм. Возбуждение ОСЛ осуществлялось 28 световыми диодами ( $\lambda=470$  нм,  $\Delta\lambda=30$  нм,  $I_{\text{max}}=1800$  mcd), расположенными по окружностям в два ряда по 14 диодов в каждом, как это показано на фиг.3.

Недостатками известных устройств, включая выбранное в качестве прототипа, является то, что стимулирующее излучение падает на поверхность детектора под углом не менее 50-60°, а поверхность детектора удалена от входного окна фотоприемника на расстояние не менее 40-50 мм.

Поскольку интенсивность ОСЛ прямо связана с интенсивностью стимулирующего света и, в конечном счете, определяет дозиметрическую чувствительность всей системы. Для компенсации потерь в интенсивности стимулирующего излучения за счет наклонного падения и отражения части светового потока от поверхности детектора увеличивают мощность источника стимулирующего света, например, путем использования в системе стимуляции нескольких десятков световых диодов. Кроме того, в рассмотренных конструкциях устройств происходит существенное ослабление сигнала ОСЛ за счет большого расстояния между детектором и фотоприемником.

Из приведенных выше примеров следует, что известные конструкции для измерения ОСЛ (прототип и его аналоги) не учитывают потери стимулирующего света на отражение и не позволяют приблизить детектор к входному окну фотоприемника из-за чего резко снижается эффективность регистрации ОСЛ при общем усложнении конструкции, возрастании ее габаритов и стоимости.

Задачей изобретения является упрощение конструкции устройства для измерения сигнала оптически стимулированной люминесценции, повышение точности, надежности и достоверности измерений доз за счет увеличения эффективности регистрации оптически стимулированной люминесценции.

Решение поставленной технической задачи достигается тем, что детектор ионизирующих излучений расположен между источником оптической стимуляции и разделительным оптическим фильтром на расстоянии 1-2 мм от их поверхностей, а источник оптической стимуляции выполнен в виде светового диода с призмой Френеля, оптическая ось которой перпендикулярна к плоскости детектора.

Сущность предлагаемого устройства иллюстрируется фиг.4 и фрагментом в верхней части чертежа, показывающим взаимное расположение элементов в предлагаемом устройстве: детектора, призмы Френеля, разделительного оптического фильтра и фотоприемника.

Предлагаемое устройство состоит из светонепроницаемого корпуса (1), детектора ионизирующих излучений (2), расположенного между источником оптической стимуляции с призмой Френеля (3, 6) и разделительным оптическим фильтром (5) на расстоянии 1-2 мм от поверхностей призмы и оптического фильтра, установленного перед входным окном фотоприемника (4).

Устройство для измерения дозиметрического сигнала оптически стимулированной люминесценции работает следующим образом. Облученный детектор помещают в светонепроницаемый корпус между выходной плоскостью призмы Френеля и разделительным оптическим фильтром. Включают источник стимулирующего света, фотоприемник и электронный канал регистрации сигнала фотоприемника. Сформированный призмой световой поток с длиной волны  $\lambda_{\text{ст}}$  падает на поверхность

детектора и стимулирует его люминесценцию с длиной волны  $\lambda_{\text{люм}}$ . Как правило, для материалов, применяемых в качестве детекторов ионизирующих излучений в ОСП дозиметрии, длина волны стимулирующего света больше длины волны люминесценции, т.е. выполняется неравенство  $\lambda_{\text{ст}} > \lambda_{\text{люм}}$ . Разделительный оптический фильтр не пропускает на вход фотоприемника излучение стимулирующего света, прошедшее через детектор, и не препятствует прохождению на вход фотоприемника сигнала оптически стимулированной люминесценции. Интенсивность сигнала люминесценции затухает в процессе стимуляции, а ее максимальное значение или площадь под кривой затухания являются информативными параметрами о поглощенной дозе в материале детектора.

Такая конструкция позволяет увеличить эффективность регистрации ОСП за счет существенного сокращения расстояний между источником стимулирующего света, детектором и фотоприемником в соответствии с законом «обратных квадратов» для энергии возбуждения и люминесценции соответственно.

Нормальное падение потока стимулирующего света на поверхность детектора исключает потери на отражение. Применение призмы Френеля позволяет сформировать стимулирующее излучения в узконаправленный пучок с расходимостью не более  $10^\circ$ , повысит за счет этого интенсивность стимулирующего света, а следовательно, и интенсивность ОСП, упростит систему стимуляции за счет исключения линзовой оптики. Совокупность конструктивных особенностей, перечисленных выше, позволяет использовать один светоизлучающий диод (в отличие от десятков, применяемых в устройствах, принятых за прототип и его аналоги), улучшив при этом чувствительность, точность и достоверность дозиметрических измерений. Предлагаемая конструкция блока детектирования не накладывает ограничений ни на выбор длины волны стимулирующего света, ни на режим работы стимуляции: непрерывный или импульсный.

Для практической реализации предлагаемой конструкции устройства для измерения ОСП-дозиметрической системы использовались образцы стандартных детекторов ТЛД - 500К, разработанные в УГТУ - УПИ для термолюминесцентной дозиметрии (ТУ 2655-006-02069208-95), цилиндрической формы высотой 1 и диаметром 5 мм. Как показывают наши исследования (Мильман И.И., Моисейкин Е.В., Никифоров С.В. Оптически стимулированная люминесценция дозиметрических кристаллов аниондефектного корунда. Журнал прикладной спектроскопии. Т.72. №1, стр.140-142 (2005)) и работы зарубежных авторов (см. список литературы, приведенный в начале описания), эти детекторы оказались чрезвычайно чувствительными и удобными для применения их и в ОСП-дозиметрии. В настоящее время, наибольшая часть ОСП-дозиметрических систем базируется именно на детекторах этого типа. ОСП измерялась фотоэлектронным умножителем типа ФЭУ-142, максимум спектральной чувствительности которого близок к спектральному составу люминесценции детекторов ТЛД-500К (330-420 нм).

Для отделения стимулирующего света с длиной волны 470 нм от излучения люминесценции между детектором и ФЭУ устанавливался стандартный стеклянный оптический фильтр УФС-2. Источником оптической стимуляции служил светоизлучающий диод СДК - С469-5-10, снабженный линзой Френеля, обеспечивающий силу стимулирующего света 3500-5000 мкд с длиной волны излучения 470 нм, полушириной около  $10^\circ$ . Угловое распределение силы света диода составляло  $10^\circ$ . Выбранная геометрия стимуляции и регистрации ОСП позволяла сконцентрировать весь поток стимулирующего и люминесцентного света в плоскости детектора и фотоприемника соответственно.

Для настройки тракта регистрации применялся радиоизотопный эталон яркости типа ЭЯ-1 с длиной волны излучения 420 нм. Облучение детекторов производилось  $\beta$ -излучением  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  источника, обеспечивающим мощность дозы в месте расположения образца 32 мГр/мин.

Экспериментальная проверка работоспособности предлагаемой конструкции блока измерения ОСП показала, что детекторы, облученные разными дозами  $\beta$ -излучения, при воздействии стимулирующего света с длиной волны 470 нм, люминесцируют в полосе 420

нм с затуханием во времени по закону, близкому к экспоненциальному, с постоянной времени около 70 с. Выход ОСЛ и связанная с ним доза облучения рассчитывались интегрированием кривых затухания за 100 с.

Результаты экспериментальной проверки реализации предлагаемого устройства для

5 измерения дозиметрического сигнала оптически стимулированной люминесценции твердотельных детекторов ионизирующих излучений на основе аниондефектных монокристаллов  $\alpha$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  типа ТЛД-500К обобщены и иллюстрируются представленными ниже фиг.5 и 6. На фиг.5 приведены кривые затухания ОСЛ образцов детекторов ТЛД-500К, облученных дозами 0,032 (кривая 1), 0,32 (кривая 2), 0,64 (кривая 3), 0,96 (кривая 4) и 1,28 Гр (кривая 5). Площадь под каждой кривой пропорциональна дозе излучения. Экспериментальная чувствительность, измеряемая в единицах импульсов на мГр на 1 грамм материала, и эффективность детектирования составила около 3550 имп/мГр. Средняя величина этого параметра по данным литературы для устройств, принятых за аналог и прототип, равна 2790 имп/Гр.

15 На фиг.6 приведена дозовая зависимость выхода ОСЛ, полученная по данным, приведенным на фиг.5. Видно, что дозовая зависимость близка к линейной в диапазоне до 1,1 Гр, в то время как в известных решениях блока детектирования эта величина составляет 0,12 мГр.

Фиг.1. Устройство для измерения дозиметрического сигнала ОСЛ. Система фотостимуляции вынесена за пределы светонепроницаемого корпуса, поток стимулирующего света переносится к детектору с помощью световодов и направлен под углом к поверхности детектора, обращенной в сторону разделительного оптического фильтра и фотоприемника.

Фиг.2. Устройство для измерения дозиметрического сигнала ОСЛ. Система фотостимуляции вынесена за пределы светонепроницаемого корпуса, поток стимулирующего света переносится к детектору линзовой оптикой и направлен под углом к поверхности детектора, обращенной в сторону разделительного оптического фильтра и фотоприемника.

Фиг.3. Устройство для измерения дозиметрического сигнала ОСЛ. Система фотостимуляции размещена в светонепроницаемом корпусе, поток стимулирующего света генерируется кластерами светоизлучающих диодов (несколько десятков штук), переносится к детектору с помощью линзовой оптики и направлен под углом к поверхности детектора, обращенной в сторону разделительного оптического фильтра и фотоприемника.

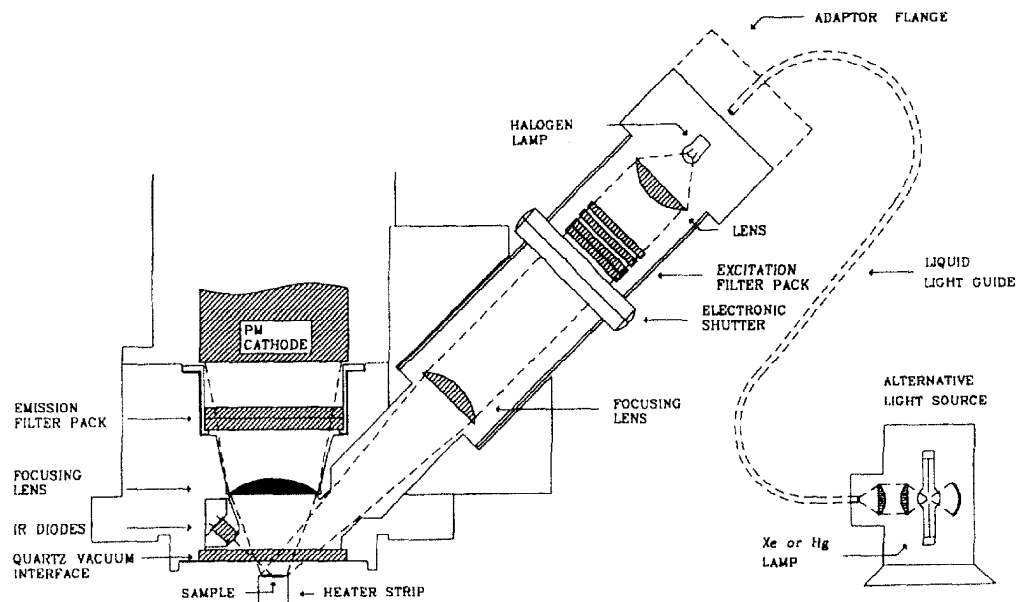
Фиг.4. Предлагаемое устройство для измерения дозиметрического сигнала ОСЛ. Система фотостимуляции размещена в светонепроницаемом корпусе (1), поток стимулирующего света генерируется одним светоизлучающим диодом (3), снабженным призмой Френеля (6), и направлен под прямым углом к поверхности детектора (2), противоположной по отношению к поверхности детектора, обращенной в сторону разделительного (5) оптического фильтра и фотоприемника (4).

40 Фиг.5. Зависимость выхода ОСЛ от дозы и времени стимуляции.

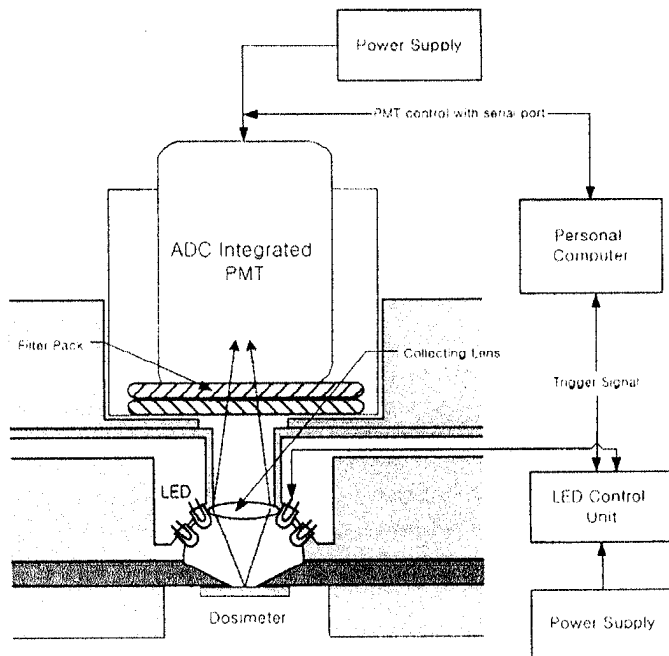
Фиг.6. Дозовая зависимость выхода ОСЛ.

#### Формула изобретения

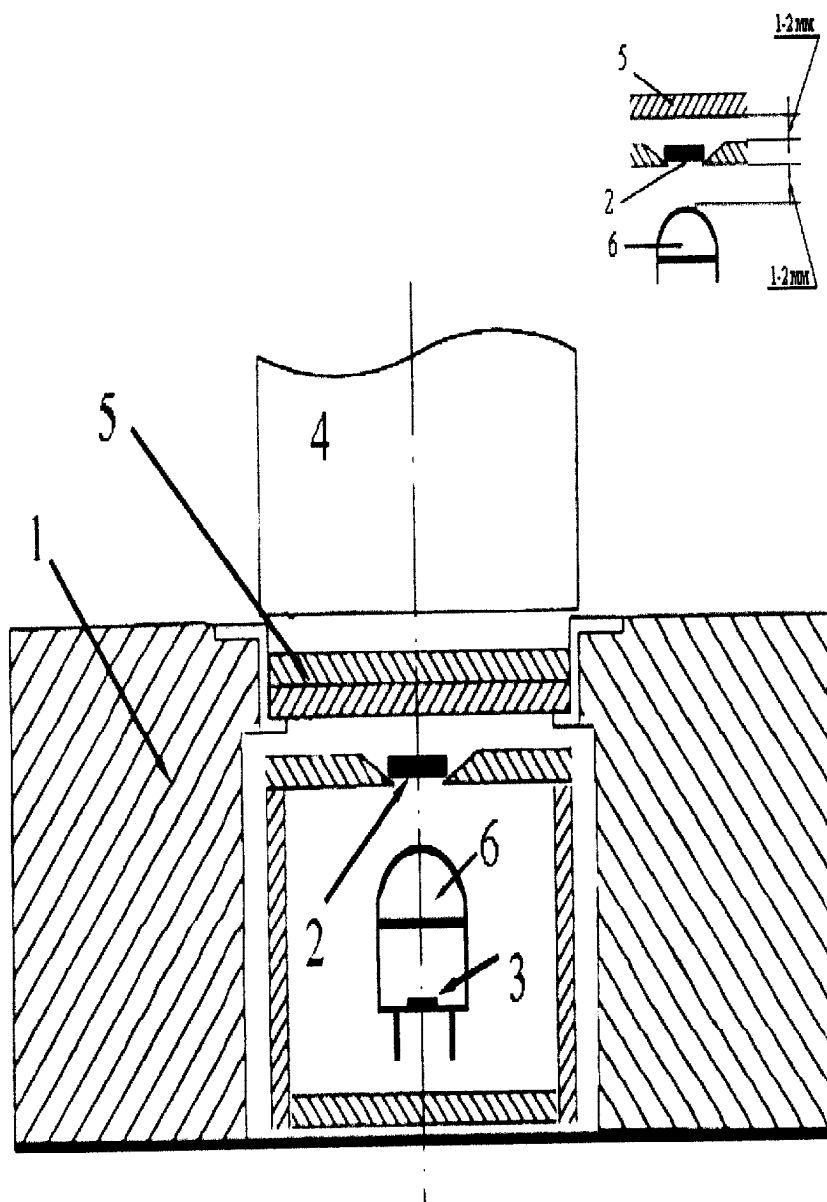
Устройство для измерения дозиметрического сигнала оптически стимулированной люминесценции, включающее светонепроницаемый корпус с расположенными в нем источником оптической стимуляции, детектором ионизирующих излучений, разделительным оптическим фильтром и фотоприемником, отличающееся тем, что детектор ионизирующих излучений расположен между источником оптической стимуляции и разделительным оптическим фильтром на расстоянии 1-2 мм от их поверхностей, а источник оптической стимуляции выполнен в виде светоизлучающего диода с призмой Френеля, оптическая ось которой перпендикулярна к плоскости детектора.



Фиг.2

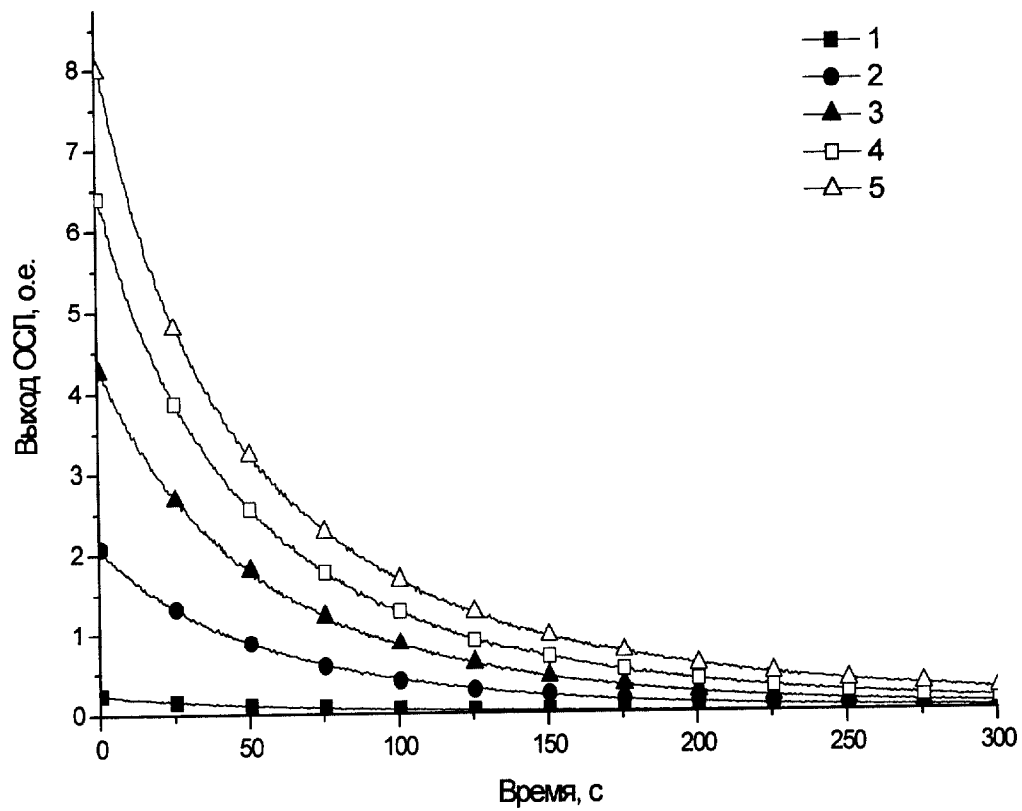


Фиг.3

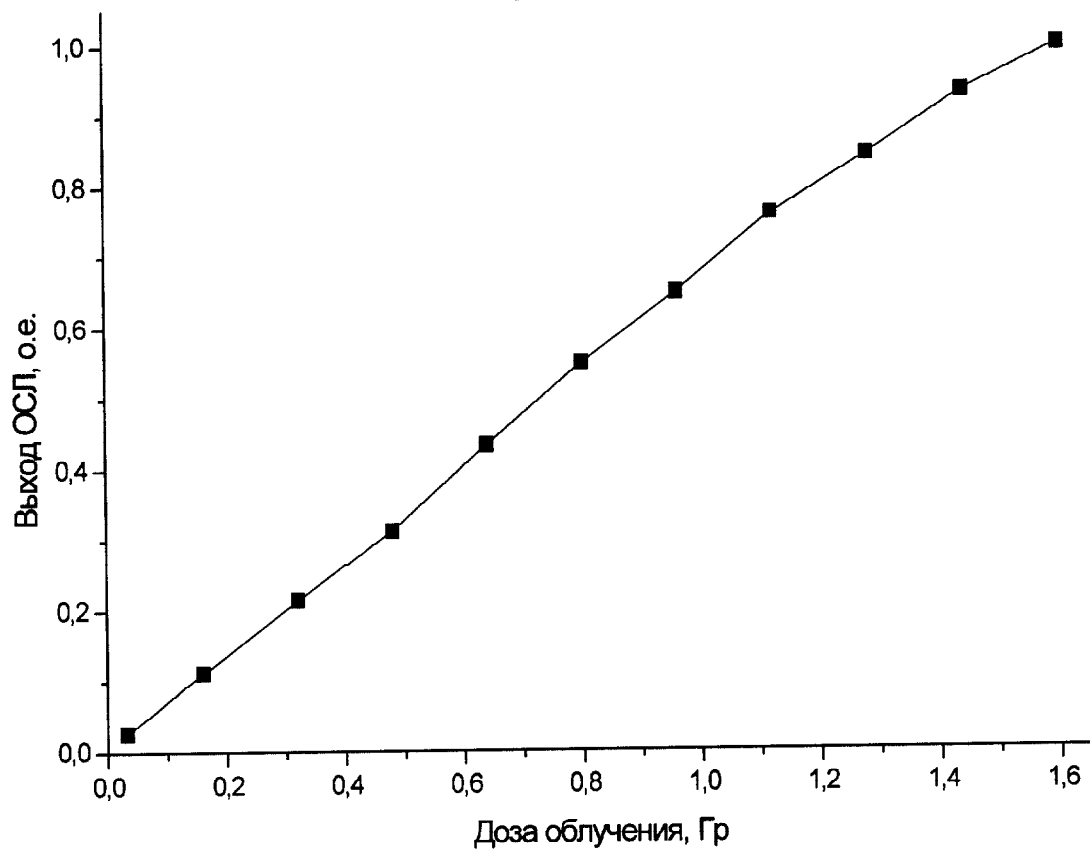


Фиг. 4





Фиг. 5



Фиг. 6





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

(21) Регистрационный номер заявки: **2006128685**

Дата прекращения действия патента: **08.08.2008**

Извещение опубликовано: **10.05.2010**      БИ: **13/2010**

---

**RU 2 310 889 C 1**

**RU 2 310 889 C 1**